

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-209676

(43)Date of publication of application : 25.07.2003

(51)Int.Cl.

H04N 1/387
G06T 1/00

(21)Application number : 2002-003153

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 10.01.2002

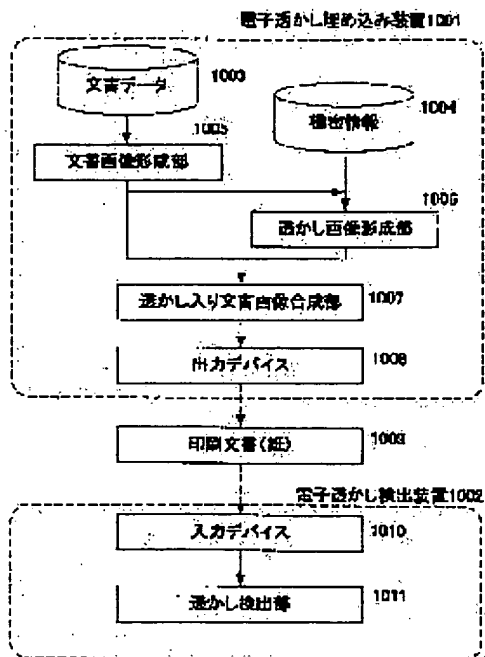
(72)Inventor : SUZAKI MASAHIKO

(54) DIGITAL WATERMARK EMBEDDING APPARATUS, DIGITAL WATERMARK DETECTING APPARATUS, DIGITAL WATERMARK EMBEDDING METHOD AND DIGITAL WATERMARK DETECTING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a digital watermark embedding apparatus for improving accuracy at detecting a confidential information.

SOLUTION: A watermark image forming portion 1006 forms the watermark image based on a confidential information 1004 referring to a document image. The document image embeds a prescribed number of dot patterns (symbol units) to be able to identify the symbol forming at least one part of the confidential information in an area which does not overlap a letter area of an embedded area in the case that the ratio of the letter area is a prescribed threshold value and less by calculating the embedded area to embed the dot patterns to be able to identify the prescribed symbol by a prescribed filter and by judging whether the ratio of the letter area to the embedded area is less than the prescribed threshold value or not. The confidential information of any original document can be surely embedded only in the area which does not overlap the letter area referring to the document image.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.11.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2005-00156

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 04.01.2005

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-209676

(P2003-209676A)

(43) 公開日 平成15年7月25日 (2003.7.25)

(51) IntCl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

5 B 0 5 7

G 0 6 T 1/00

5 0 0

G 0 6 T 1/00

5 0 0 B 5 C 0 7 6

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2002-3153(P2002-3153)

(22) 出願日 平成14年1月10日 (2002.1.10)

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 須崎 昌彦

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(74) 代理人 100095957

弁理士 亀谷 美明 (外2名)

Fターム(参考) 5B057 AA11 BA01 BA30 CB19 CE06

CE08 CE09 CG07 CH18 DA08

DA17

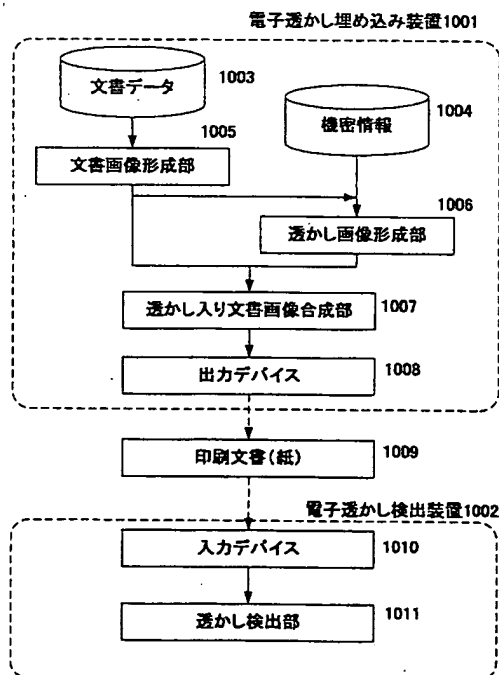
5C076 AA14 BA06

(54) 【発明の名称】 電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置、電子透かし埋め込み方法、及び、電子透かし検出方法

(57) 【要約】

【課題】 機密情報の検出時に精度を向上させるための電子透かし埋め込み装置を提供する。

【解決手段】 透かし画像形成部1006は、文書画像を参照して、機密情報1004を基に透かし画像を作成する。文書画像を、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための埋め込み領域を算出し、埋め込み領域に対し、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断し、文字領域の割合が所定の閾値以下である場合に、埋め込み領域の文字領域と重ならない領域に、機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）を所定の数埋め込むことを特長とする。文書画像を参照し、文字領域に重ならない領域にのみ機密情報を埋め込むため、元の文書がどのようなものであっても確実に機密情報を埋め込むことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 文書画像に対して電子透かしにより機密情報を埋め込む、電子透かし埋め込み装置であって、前記文書画像を参照して、前記機密情報を基に透かし画像を作成する透かし画像形成部を備え、前記透かし画像形成部は、前記文書画像を、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための埋め込み領域を算出し、前記埋め込み領域に対し、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断し、文字領域の割合が所定の閾値以下である場合に、前記埋め込み領域の文字領域と重ならない領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）を所定の数埋め込むことを特長とする、電子透かし埋め込み装置。

【請求項2】 前記透かし画像形成部は、前記文書画像を複数の埋め込み領域に分割し、各埋め込み領域ごとに、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断することを特徴とする、請求項1に記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項3】 前記透かし画像形成部は、文字領域の割合が所定の閾値を超える前記埋め込み領域の、文字領域と重ならない領域に、前記シンボルユニットを複数種類、所定の数ずつ埋め込むことを特長とする、請求項1または2に記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項4】 前記透かし画像形成部は、前記埋め込み領域の文字領域と重なる領域に、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）を埋め込むことを特長とする、請求項1、2または3のいずれかに記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項5】 前記シンボルユニットは、ドットの配列規則が波を形成していることを特徴とする、請求項1、2、3または4のいずれかに記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項6】 前記シンボルユニットは、ドットの波の方向及び／又は波長を変化させることによって、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能であることを特徴とする、請求項1、2、3、4または5のいずれかに記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項7】 前記文書画像と前記透かし画像とを重ね合わせて透かし入り文書画像を作成する透かし入り文書画像合成部と、前記透かし入り文書画像を印刷する出力デバイスと、をさらに備えたことを特徴とする、請求項1、2、3、4、5または6のいずれかに記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項8】 前記透かし入り文書画像合成部は、前記機密情報の埋め込み時及び／又は検出時の各種属性情報を、前記透かし入り文書画像の4隅部分に記録することを特徴とする、請求項7に記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項9】 前記透かし画像に埋め込む前記シンボル

ユニット及び前記背景ユニットの数を、前記透かし画像の余白領域に記録する埋め込み信号数記録部をさらに備えたことを特徴とする、請求項1、2、3、4、5、6、7または8のいずれかに記載の電子透かし埋め込み装置。

【請求項10】 文書画像に対して電子透かしにより埋め込まれた機密情報を検出する、電子透かし検出装置であって、前記文書画像は、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割され、前記各埋め込み領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）、あるいは、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）が埋め込まれることによって、前記機密情報が埋め込まれており、前記機密情報を検出する透かし検出部を備え、前記透かし検出部は、前記ドットパターンから所定のシンボルを識別可能な複数種類のフィルタを備え、前記各埋め込み領域ごとに、前記複数種類のフィルタによりマッチングを行い、一の前記フィルタのマッチング数が他のすべての前記フィルタのマッチング数に比べて非常に大きい前記埋め込み領域から、前記一のフィルタに対応する、前記機密情報の少なくとも一部を検出することを特徴とする、電子透かし検出装置。

【請求項11】 前記透かし検出部は、前記各フィルタのマッチング数の間に差が無い前記埋め込み領域からは、前記機密情報を検出しないことを特徴とする、請求項10に記載の電子透かし検出装置。

【請求項12】 文字消去改ざん検出部をさらに備え、前記文字消去改ざん検出部は、前記機密情報が埋め込まれた文書画像を所定の閾値で二値化することにより、文字領域の画素値を0、背景領域の画素値を1として文字領域抽出画像を作成し、前記機密情報が埋め込まれた文書画像の、前記シンボルユニットが検出できない領域の画素値を0、シンボルユニットが検出できる領域の画素値を1としてシンボルユニット抽出画像を作成し、前記文字領域抽出画像と前記シンボルユニット抽出画像とを比較することにより、前記透かし入り文書画像に対する改ざんを検出することを特徴とする、請求項10または11に記載の電子透かし検出装置。

【請求項13】 前記文書画像に対する前記機密情報の埋め込み時に埋め込まれた前記シンボルユニットの数を検出する、埋め込み信号数検出部と、前記入力画像に対する前記所定のフィルタの出力値を算出し、各埋め込み領域ごとに記録する、フィルタ出力値算出部と、前記埋め込み信号数検出部の検出値と、前記フィルタ出力値算出部の算出値とから、前記透かし画像に埋め込まれた前記シンボルユニットの数を検出するための最適閾値を計算する、最適閾値判定部と、前記透かし入り文書画像に実際に埋め込まれている前記シンボルユニットの数を

検出する、検出信号計数部と、前記埋め込み信号数検出部の検出値と、前記信号検出計数部の計数値とを比較することにより、前記透かし入り文書画像に対する改ざんの有無を判定する、改ざん判定部と、をさらに備えたことを特徴とする、請求項10、11または12のいずれかに記載の電子透かし検出装置。

【請求項14】 前記埋め込み信号数検出部は、前記機密情報の埋め込み時に埋め込まれた前記シンボルユニットの数を、前記透かし入り文書画像の余白領域に記録された情報から検出することを特徴とする、請求項13に記載の電子透かし検出装置。

【請求項15】 前記最適閾値判定部は、前記埋め込み信号数検出部の検出値と、前記フィルタ出力値算出部の算出値との差を、すべての前記埋め込み領域について合計し、合計値が最も小さくなるように、前記閾値を決定することを特徴とする、請求項13または14に記載の電子透かし検出装置。

【請求項16】 文書画像に対して電子透かしにより機密情報を埋め込む、電子透かし埋め込み方法であって、前記文書画像を、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割する第1工程と、前記各埋め込み領域ごとに、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断する第2工程と、文字領域の割合が所定の閾値以下である場合に、前記埋め込み領域の文字領域と重ならない領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）を所定の数埋め込む第3工程と、文字領域の割合が所定の閾値を超える前記埋め込み領域の、文字領域と重ならない領域に、前記シンボルユニットを複数種類、所定の数ずつ埋め込む第4工程と、前記埋め込み領域の文字領域と重なる領域に、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）を埋め込む第5工程と、を含むことを特長とする、電子透かし埋め込み方法。

【請求項17】 文書画像に対して電子透かしにより埋め込まれた機密情報を検出する、電子透かし検出方法であって、前記文書画像は、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割され、前記各埋め込み領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）、あるいは、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）が埋め込まれることによって、前記機密情報が埋め込まれており、前記各埋め込み領域ごとに、複数種類のフィルタによりマッチングを行い、一の前記フィルタのマッチング数が他のすべての前記フィルタのマッチング数に比べて非常に大きい前記埋め込み領域からは、前記一の前記フィルタに対応する、前記機密情報の少なくとも一部を検出し、前記各フィルタのマッ

チング数の間に差が無い前記埋め込み領域からは、前記機密情報を検出しないことを特徴とする、電子透かし検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、印刷済みの透かし入り文書に対し文字列の追加や消去などの変更が行われた場合に、その文書をスキャナ等でコンピュータに入力して処理を行うことにより、原本からの変更の有無やその位置を特定するための電子透かし埋め込み／検出技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 画像や文書データなどにコピー・偽造防止のための情報や機密情報を人の目には見えない形で埋め込む「電子透かし」は、保存やデータの受け渡しがすべて電子媒体上で行われることを前提としており、透かしによって埋め込まれている情報の劣化や消失がないため確実に情報検出を行うことができる。これと同様に、紙媒体に印刷された文書に対しても、文書が不正に改ざんされたりコピーされることを防ぐために、文字以外の視覚的に目障りではない形式でかつ容易に改ざんが不可能であるような機密情報を印刷文書に埋め込む方法が必要となっている。

【0003】 印刷物として最も広く利用される白黒の二値の文書に対する電子透かし埋め込み方法としては、以下のような技術が知られている。

【0004】 [1] 特開平9-179494「機密情報記録方法」

400dpi以上のプリンタで印刷されることを想定する。情報を数値化し、基準点マークと位置判別マークとの距離（ドット数）により情報の表現を行う。

【0005】 [2] 特開2001-78006「白黒2値文書画像への透かし情報埋め込み・検出方法及びその装置」

任意の文字列を囲む最小矩形をいくつかのブロックに分割し、それらを2つのグループ（グループ1、グループ2）に分ける（グループの数は3つ以上でも良い）。例えば信号が1の場合はグループ1のブロック中の特徴量を増やしグループ2の各ブロック中の特徴量を減らす。信号が0の場合は逆の操作を行う。ブロック中の特徴量は、文字領域の画素数や文字の太さ、ブロックを垂直にスキャンして最初に文字領域にぶつかる点までの距離などである。

【0006】 [3] 特開2001-53954「情報埋め込み装置、情報読み出し装置、電子透かしシステム、情報埋め込み方法、情報読み出し方法及び記録媒体」

1つの文字を囲む最小矩形の幅と高さをその文字に対する特徴量として定め、2つ以上の文字間での特徴量の大小関係の分類パターンによりシンボルを表すものとする。例えば3つの文字からは6つの特徴量が定義でき、

これらの大小関係のパターンの組合わせを列挙し、これらの組合わせを2つのグループに分類し、それぞれにシンボルを与える。埋め込む情報がシンボル0であって、これを表すために選択された文字の特徴量の組合わせパターンがシンボル1であった場合、6つの特徴量のうちいずれかを文字領域を膨らませるなどして変化させる。変化させるパターンは変化量が最小となるように選択する。

【0007】[4]特願平10-200743「文書処理装置」

万線スクリーン（細かい平行線で構成された特殊スクリーン）のスクリーン線を後方に移動させるかどうかにより情報を表現する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、印刷済みの文書に対する文字の上書きまたは消去などの変更が行われた場合、変更箇所を知るためには原本との比較が必要である。手書きなどで変更が行われた場合には、印刷文字と異なるためにすぐ見分けがつかず、同じフォントで上書き印刷を行った場合などには、変更箇所を見分けることが困難になる。従来例[1]～[4]の中には、印刷文書内に埋め込んだ情報が正しく読み取れなくなることによって改ざんの有無を判定する方法もあるが、紙面の汚れや印刷時や読み取り時に雑音が付加された場合などでも情報が読み取れなくなるため、検出精度は高くない。

【0009】本発明は、従来の電子透かし埋め込み／検出技術が有する上記問題点を鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、機密情報の検出精度を向上させることの可能な、新規かつ改良された電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置、電子透かし埋め込み方法、及び、電子透かし検出方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の第1の観点によれば、文書画像に対して電子透かしにより機密情報を埋め込む、電子透かし埋め込み装置が提供される。本発明の電子透かし埋め込み装置（1001）は、前記文書画像を参照して、前記機密情報（1004）を基に透かし画像を作成する透かし画像形成部（1006）を備え、前記透かし画像形成部（1006）は、前記文書画像を、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための埋め込み領域を算出し、前記埋め込み領域に対し、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断し、文字領域の割合が所定の閾値以下である場合に、前記埋め込み領域の文字領域と重ならない領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）を所定の数埋め込むことを特長とする。

【0011】また、前記透かし画像形成部（1006）

は、文字領域の割合が所定の閾値を超える前記埋め込み領域の、文字領域と重ならない領域に、前記シンボルユニットを複数種類、所定の数ずつ埋め込むことを特長とする。

【0012】また、前記透かし画像形成部（1006）は、前記埋め込み領域の文字領域と重なる領域に、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）を埋め込むことを特長とする。

【0013】また、上記課題を解決するため、本発明の第2の観点によれば、文書画像に対して電子透かしにより埋め込まれた機密情報を検出する、電子透かし検出装置が提供される。本発明の電子透かし検出装置（1002）において、前記文書画像は、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割され、前記各埋め込み領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）、あるいは、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）が埋め込まれることによって、前記機密情報が埋め込まれている。

【0014】そして、前記機密情報を検出する透かし検出部（1011）を備え、前記透かし検出部は、前記ドットパターンから所定のシンボルを識別可能な複数種類のフィルタを備え、前記各埋め込み領域ごとに、前記複数種類のフィルタによりマッチングを行い、一の前記フィルタのマッチング数が他のすべての前記フィルタのマッチング数に比べて非常に大きい前記埋め込み領域から、前記一のフィルタに対応する、前記機密情報の少なくとも一部を検出することを特徴とする。

【0015】また、前記透かし検出部は、前記各フィルタのマッチング数の間に差が無い前記埋め込み領域からは、前記機密情報を検出しないことを特徴とする。

【0016】また、上記課題を解決するため、本発明の第3の観点によれば、文書画像に対して電子透かしにより機密情報を埋め込む、電子透かし埋め込み方法が提供される。本発明の電子透かし埋め込み方法は、以下の第1～第5工程を含むことを特徴とする。

①前記文書画像を、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割する第1工程。

②前記各埋め込み領域ごとに、文字領域の割合が所定の閾値以下であるか否かを判断する第2工程。

③文字領域の割合が所定の閾値以下である場合に、前記埋め込み領域の文字領域と重ならない領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）を所定の数埋め込む第3工程。

④文字領域の割合が所定の閾値を超える前記埋め込み領域の、文字領域と重ならない領域に、前記シンボルユニットを複数種類、所定の数ずつ埋め込む第4工程。

⑤前記埋め込み領域の文字領域と重なる領域に、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）を埋め込む第5工程。

【0017】また、上記課題を解決するため、本発明の第4の観点によれば、文書画像に対して電子透かしにより埋め込まれた機密情報を検出する、電子透かし検出方法が提供される。本発明の電子透かし検出方法において、前記文書画像は、所定のフィルタによって所定のシンボルを識別可能なドットパターンを埋め込むための複数の埋め込み領域に分割され、前記各埋め込み領域に、前記機密情報の少なくとも一部を成すシンボルを識別可能なドットパターン（シンボルユニット）、あるいは、前記機密情報とは無関係のシンボルであるドットパターン（背景ユニット）が埋め込まれることによって、前記機密情報が埋め込まれている。

【0018】そして、前記各埋め込み領域ごとに、複数種類のフィルタによりマッチングを行い、一の前記フィルタのマッチング数が他のすべての前記フィルタのマッチング数に比べて非常に大きい前記埋め込み領域からは、前記一のフィルタに対応する、前記機密情報の少なくとも一部を検出し、前記各フィルタのマッチング数の間に差が無い前記埋め込み領域からは、前記機密情報を検出しないことを特徴とする。

【0019】上記電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置、電子透かし埋め込み方法、及び、電子透かし検出装置によれば、以下のような効果が得られる、

(a) 電子透かしを挿入する文書画像の文字の配置状態を参照し、文字領域以外の領域にのみ機密情報の一部を成す有効なシンボルユニットを埋め込むため、元の文書がどのようなものであっても確実に機密情報を埋め込むことができる。

(b) シンボルユニットを埋め込まない領域には、シンボルユニットを複数種類、所定の数ずつ埋め込むことにより、検出時に、機密情報の一部を成す有効なシンボルユニットが埋め込まれていないことを確実に判定できる。

(c) 埋め込み情報の検出時に、ある領域に対する複数種類のフィルタの出力値のそれぞれの総和などによりシンボルの判定を行うため、情報検出の精度が高く保たれる。

【0020】また、前記透かし入り文書画像合成部は、前記機密情報の埋め込み時及び／又は検出時の各種属性情報を、前記透かし入り文書画像の4隅部分に記録することが好ましい。かかる構成によれば、以下の効果が得られる。

(d) 埋め込んだ信号数などの属性情報をセットする属性記録領域を信号を埋め込む領域の4隅に設定することで、機密情報を検出する際に入出力デバイスのハードウェア的な誤差に影響されることなく正確に属性情報を取り出すことが可能となり、それ以降の検出精度を向上さ

せることができる。

【0021】さらに、上記電子透かし検出装置において、改ざん検出を行う機能を追加することが可能である。すなわち、本発明の他の電子透かし検出装置（2001）は、文字消去改ざん検出部（2012）をさらに備え、前記文字消去改ざん検出部は、前記機密情報が埋め込まれた文書画像を所定の閾値で二値化することにより、文字領域の画素値を0、背景領域の画素値を1として文字領域抽出画像を作成し、前記機密情報が埋め込まれた文書画像の、前記シンボルユニットが検出できない領域の画素値を0、シンボルユニットが検出できる領域の画素値を1としてシンボルユニット抽出画像を作成し、前記文字領域抽出画像と前記シンボルユニット抽出画像とを比較することにより（差分画像を生成して）、前記透かし入り文書画像に対する改ざんを検出することを特徴とする。かかる構成によれば、さらに以下のような効果が得られる。

(e) 印刷された文書に対し、任意の文字列を消去するような不正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

【0022】さらに、上記電子透かし検出装置において、改ざん検出のための付加情報を機密情報と共に挿入することにより改ざん検出を行う機能を追加することが可能である。すなわち、本発明の他の電子透かし検出装置（3001）は、前記文書画像に対する前記機密情報の埋め込み時に埋め込まれた前記シンボルユニットの数を検出する、埋め込み信号数検出部（3013）と、前記入力画像に対する前記所定のフィルタの出力値を算出し、各埋め込み領域ごとに記録する、フィルタ出力値算出部（3014）と、前記埋め込み信号数検出部の検出値と、前記フィルタ出力値算出部の算出値とから、前記透かし画像に埋め込まれた前記シンボルユニットの数を検出するための最適な閾値を計算する、最適閾値判定部（3015）と、前記透かし入り文書画像に実際に埋め込まれている前記シンボルユニットの数を検出する、検出信号計数部（3016）と、前記埋め込み信号数検出部の検出値と、前記信号検出計数部の計数値とを比較することにより、前記透かし入り文書画像に対する改ざんの有無を判定する、改ざん判定部（3017）と、をさらに備えたことを特徴とする。

【0023】かかる構成によれば、さらに以下のような効果が得られる。

(f) 文書画像をいくつかのブロックに分割し、各ブロック内に埋め込んだシンボルユニット数を記録することで、ブロック単位で改ざん検出を行うことができ、改ざん場所の特定が可能となる。

(g) 埋め込んだ信号数を記録することで、信号検出や改ざん検出のための最適な閾値を求めることができる。

(h) 印刷された文書に対し、空白部分に文字列を追加したり、任意の文字列を修正液などで消去するような不

正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置、電子透かし埋め込み方法、及び、電子透かし検出方法の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0025】（第1の実施の形態）図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる電子透かし埋め込み装置及び電子透かし検出装置の構成を示す説明図である。まず、電子透かし埋め込み装置1001について説明する。

【0026】（電子透かし埋め込み装置1001）電子透かし埋め込み装置1001は、文書データ1003と、文書に埋め込む機密情報1004を基に文書画像を構成し、紙媒体に印刷を行う装置である。文書データ1003は、フォント情報やレイアウト情報を含むデータであり、ワープロソフト等の文書作成ツール等により作成されたデータである。また、機密情報1004は、紙媒体に文字以外の形式で埋め込む情報であり、文字、画像、音声などの各種データである。

【0027】電子透かし埋め込み装置1001は、図1に示したように、文書画像形成部1005と、透かし画像形成部1006と、透かし入り文書画像合成部1007と、出力デバイス1008により構成されている。

【0028】（文書画像形成部1005）文書画像形成部1005では、文書データ1003を紙面に印刷した状態の画像が作成される。具体的には、文書画像中の白画素領域は何も印刷されない部分であり、黒画素領域は黒の塗料が塗布される部分である。なお、本実施の形態では、白い紙面に黒のインク（単色）で印刷を行うことを前提として説明するが、本発明はこれに限定されず、カラー（多色）で印刷を行う場合であっても、同様に本発明を適用可能である。

【0029】（透かし画像形成部1006）透かし画像形成部1006は、機密情報1004をデジタル化して数値に変換したものをN元符号化し（Nは2以上の自然数である。符号化されたビット列を「符号語」と称する。）、符号語の各シンボルをあらかじめ用意した透かし信号に割り当てる。本実施の形態は、透かし画像形成部1006による透かしの埋め込み動作に特徴を有する。すなわち、透かし画像形成部1006は、文書データ1003に対し機密情報1004を埋め込む際に、文書データ1003を参照することにより、文書データ1003がどのようなものであっても確実に機密情報1004を埋め込むことができる。透かし信号とその埋め込み動作については、さらに後述する。

【0030】（透かし入り文書画像合成部1007、出力デバイス1008）透かし入り文書画像合成部1007は、文書画像と透かし画像を重ね合わせて透かし入りの文書画像を作成する。また、出力デバイス1008は、プリンタなどの出力装置であり、透かし入り文書画像を紙媒体に印刷する。したがって、文書画像形成部1005、透かし画像形成部1006、透かし入り文書画像合成部1007はプリンタドライバの中の一つの機能として実現されていても良い。

【0031】印刷文書1009は、元の文書データ1003に対して機密情報1004を埋め込んで印刷されたものであり、物理的に保管・管理される。

【0032】電子透かし埋め込み装置1001は以上のように構成されている。次いで、透かし画像形成部1006が文書データ1003に対し機密情報1004を埋め込む際に用いられる透かし信号について説明する。

【0033】（信号ユニット）透かし信号は、ドット（黒画素）の配列によって任意の波長と方向を持つ波を表現したものである。以下、幅と高さがSw、Shの矩形を1つの信号の単位として「信号ユニット」と称する。図2は信号ユニットの一例を示す説明図である。

【0034】幅Swと高さShは異なっても良いが、本実施の形態では説明を容易にするためSw=Shとする。長さの単位は画素数であり、図2の例ではSw=Sh=12である。これらの信号が紙面に印刷されたときの大きさは、透かし画像の解像度に依存しており、例えば透かし画像が600dpi（dot per inch：解像度の単位であり、1インチ当たりのドット数）の画像であるとしたならば、図2の信号ユニットの幅と高さは、印刷文書上で $12/600=0.02$ （インチ）となる。

【0035】図2（1）は、ドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(3)$ （ \arctan は \tan の逆関数）の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(-1/3)$ である。以下、この信号ユニットをユニットAと称する。図2（2）はドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(-3)$ の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(1/3)$ である。以下、この信号ユニットをユニットBと称する。

【0036】図3は、図2（1）の画素値の変化を $\arctan(1/3)$ の方向から見た断面図である。図3において、ドットが配列されている部分が波の最小値の腹（振幅が最大となる点）となり、ドットが配列されていない部分は波の最大値の腹となっている。

【0037】また、ドットが密に配列されている領域はそれぞれ1ユニットの中に2つ存在するため、この例では1ユニットあたりの周波数は2となる。波の伝播方向はドットが密に配列されている方向に垂直となるため、ユニットAの波は水平方向に対して $\arctan(-1/3)$ 、ユニットBの波は $\arctan(1/3)$ とな

る。なお、 $\arctan(a)$ の方向と $\arctan(b)$ の方向が垂直のとき、 $a \times b = -1$ である。

【0038】信号ユニットには図2(1)、(2)で示されるもの以外にも、例えば図4(3)～(5)で示されるようなドット配列が考えられる。図4(3)は、ドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(1/3)$ の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(-3)$ である。以下、この信号ユニットをユニットCと称する。図4(4)は、ドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(-1/3)$ の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(3)$ である。以下、この信号ユニットをユニットDと称する。図4(5)は、ドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(1)$ の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(-1)$ である。なお、図4(5)は、ドット間の距離が水平軸に対して $\arctan(-1)$ の方向に密であり、波の伝搬方向は $\arctan(1)$ であると考えられることもできる。以下、この信号ユニットをユニットEと称する。

【0039】(シンボルユニット) 信号ユニットに符号語のシンボルを割り当て、信号ユニットを透かし画像に埋め込むことにより、機密情報1004を透かし画像に埋め込むことができる。以下、符号語のシンボルを割り当てた信号ユニットを「シンボルユニット」と称する。

【0040】機密情報1004を符号語に変換する際の次元数により、必要なシンボルユニットの数が定まる。機密情報を2元符号化($N=2$)する場合には、シンボルユニットを2種類(例えば、ユニットA、ユニットB)用意し、例えば、ユニットAにシンボル0を割り当て、ユニットBにシンボル1を割り当てることができる。また、機密情報を4元符号化($N=4$)する場合には、シンボルユニットを4種類(例えば、ユニットA、ユニットB、ユニットC、ユニットD)用意し、例えば、ユニットAにシンボル0を、ユニットBにシンボル1を、ユニットCにシンボル2を、ユニットDにシンボル3を割り当てることができる。

【0041】(背景ユニット) さらに、例えば、ユニットEに符号語のシンボルとは無関係のシンボル(例えば、機密語をN元符号化する場合、シンボルN)を割り当て、これを背景ユニットと定義し、これを隙間なく並べて透かし画像の背景とすることができる。以下、符号語のシンボルとは無関係のシンボルを割り当てた信号ユニットを「背景ユニット」と称する。背景ユニットを隙間なく並べて、そこにシンボルユニットを埋め込む場合には、埋め込もうとする位置の背景ユニットと、埋め込むシンボルユニットとを入れ替える。

【0042】図5(1)はユニットEを背景ユニットと定義し、これを隙間なく並べて透かし画像の背景とした場合を示す説明図である。図5(2)は図5(1)の背景画像の中にシンボルユニットとしてのユニットAを埋め込んだ一例を示し、図5(3)は図5(1)の背景画

像の中にシンボルユニットとしてのユニットBを埋め込んだ一例を示している。

【0043】図5に示した一例においては、各信号ユニット中のドットの数すべて等しくしているため、これら信号ユニットを隙間なく並べることにより、透かし画像の見かけの濃度が均一となる。したがって、印刷された紙面上では、単一の濃度を持つグレー画像が背景として埋め込まれているように見える。また、信号ユニットに対するシンボルの割り当ての組み合わせは無数に考えられる。このようにして、第三者(不正者)に透かし信号を簡単に解読できないようにすることができる。

【0044】(ユニットパターン) 機密情報1004を符号化した符号語の各シンボルについて、単に対応するシンボルユニットを配置していくことによって、透かし画像に機密情報1004を埋め込むことは可能である。本実施の形態では、第三者による不正な解読を一層防止するために、符号語の各シンボルに対して、信号ユニットの配置パターン(以下、ユニットパターンと称する。)を定義し、ユニットパターンを配置することによって透かし画像に機密情報1004を埋め込む方法について説明する。ユニットパターンの概念について、図6を参照しながら説明する。

【0045】図6は、本実施の形態で採用するユニットパターンとそのユニットパターンが表すシンボルの一例を示したものである。ここで、1つのユニットパターンを幅(列) \times 高さ(行) $=4 \times 2$ の信号ユニットの行列とする。また、背景ユニットをユニットE(シンボル2)とし、これに埋め込まれるシンボルユニットをユニットA(シンボル0)及びユニットB(シンボル1)とする。図6(1)では、ユニットA(シンボル0)を所定の閾値(例えば6)以上配置して、ユニットパターン全体としてシンボル0を表す。図6(2)では、ユニットB(シンボル1)を所定の閾値(例えば6)以上配置して、ユニットパターン全体としてシンボル1を表す。図6(3)では、ユニットAとユニットBとをほぼ同数(同数あるいはいずれかのシンボルユニットが1つ多い)配置して、ユニットパターン全体としてシンボル2を表す。

【0046】以上、電子透かし埋め込み装置1001の構成及び透かし信号について説明した。次いで、電子透かし埋め込み装置1001の動作について、図7～図13を参照しながら説明する。

【0047】まず、文書画像形成部1005は、文書データ1003を基に、文書が紙に印刷された状態の画像をページごとに作成する。この文書画像は白黒の二値画像であるものとして説明する。以下の説明中、文書画像の「文字領域」とはプリンタで印刷したときにインク(トナー)を塗布する領域であり、文書画像上では輝度値が0の画素(黒い画素)である。また、「背景領域」とはプリンタで印刷したときにインク(トナー)を塗布

しない領域であり、文書画像の輝度値が1である画素（白い画素）のことを示すものとする。

【0048】透かし画像形成部1006は、機密情報1004から文書画像の背景として重ねあわせる透かし画像を作成する。以下に、透かし画像形成部1006の動作について、図7を参照しながら説明する。図7は、透かし画像形成部1006の処理の流れを示す説明図である。

【0049】（ステップS1101）ステップS1101では、機密情報1004をN元符号に変換する。Nは任意であるが、以下では簡単のため $N=2$ （機密情報1004を2元符号に変換する）とする。従って、ステップS1101で生成される符号語は、0と1のビット列で表現されるものとする。このステップS1101では機密情報1004をそのまま符号化しても良いし、暗号化したものを符号化しても良い。

【0050】（ステップS1102）ステップS1102では、符号語の各シンボルに対して、図6に示したように、ユニットパターンを割り当てる。

【0051】（ステップS1103）ステップS1103では、シンボルユニット配置可否行列を定義する。シンボルユニット配置可否行列は文書画像を1つのブロックの大きさが S_w （幅） $\times S_h$ （高さ）画素のブロック画像に分割した画像を行列で表したものであり、文書画像の対応するブロックにシンボルユニットを埋め込めるかどうかを表すものである。これは文字領域にシンボルユニットを挿入した場合には検出不可能となるため、あらかじめシンボルユニットを埋め込むことが可能な場所を指定するための行列である。行列の要素の値が1であれば、文書画像の対応するブロックにはシンボルユニットを埋め込むことが可能であり、値が0であれば背景ユニットを埋め込むことになる。ここで、 S_w 、 S_h はそれぞれ信号ユニットの幅と高さであり、入力文書画像の大きさを $W \times H$ とするとユニット行列 U_m の要素数は、幅（列） \times 高さ（行） $= M_w \times M_h = W / S_w \times H / S_h$ となる。

【0052】シンボルユニット配置可否行列の各要素は文書画像の対応するブロック中に文字領域が存在するかどうかによって決定する。例えば、シンボルユニット配置可否行列の任意の要素（ X 、 Y ）（ Y 行 X 列）は入力文書画像の $x = X \times S_w \sim (X+1) \times S_w$ 、 $y = Y \times S_h \sim (Y+1) \times S_h$ の中に含まれている文字領域（輝度値が0の画素）が T_n 画素以下である場合には1、文字領域が T_n 画素より大きい場合には0とする。 T_n は閾値であり $S_w \times S_h \times 0.5$ 以下の小さな数とする。

【0053】図8はシンボルユニット配置可否行列作成の例を示している。図8（1）はシンボルユニット配置可否行列の各要素に対応するブロックを入力文書画像上

に重ねて示したものである。図8（2）では各ブロック中に文字領域が含まれている場合に、対応するブロックの値を0としていることを示している。図8（3）では、文字領域判定結果からシンボルユニット配置可否行列の各要素の値を決定している。

【0054】（ステップS1104）ステップS1104ではユニットパターン配置可否行列を作成する。これは、文書画像中のこの行列に対応する領域にユニットパターンを挿入可能な場合には要素の値が1となり、挿入不可能な場合は0となる。ユニットパターンを幅（列） \times 高さ（行） $= 4 \times 2$ の信号ユニットの行列と定義すると、ユニットパターン挿入可否の判定は以下のように行う。まず、図8（3）に示したシンボルユニット配置可否行列を 4×2 の領域に区分する。1つの領域を構成する8個の信号ユニットのうち、所定の閾値 T_u 個（ T_u は6程度）以上がシンボルユニット埋め込み可能（シンボルユニット配置可否行列の値が1）であればユニットパターン埋め込み可能とし、それ以外の場合はユニットパターン埋め込み不可能とする。

【0055】図9はユニットパターン配置可否行列の作成過程の例を説明した図である。図9（1）は1つのユニットパターンが8つの信号ユニットから構成されていることを示している。図9（2）は各ユニットパターンに対し、対応するシンボルユニット配置可否行列の要素が1である数が T_u （ $=6$ ）以上のユニットパターンには1が、それ以外のユニットパターンには0が与えられていることを示している。図9（3）はユニットパターン配置可否行列の各要素の値をセットしていることを示している。

【0056】（ステップS1105）ステップS1105ではユニットパターン配置可否行列を参照してユニットパターン行列を作成する。符号語のシンボルは、ユニットパターン行列中に繰り返しセットされるが、ユニットパターンが埋め込み不可能な要素にはセットされない。例えば図10のように、ユニットパターン行列およびユニットパターン配置可否行列の大きさを $P_w \times P_h = 4 \times 4$ であるとし、符号語のシンボルが（0011）の4ビットであったとする。この図ではユニットパターン配置可否行列の1行2列目の要素の値が0であるため、符号語のシンボルの2ビット目（シンボル0）はセットされずに、シンボル2がセットされ、1行3列目に符号語のシンボルの2ビット目がセットされる。

【0057】（ステップS1106）ステップS1106ではユニットパターン行列とシンボルユニット配置可否行列を基にユニット行列 U_m を作成する。ユニット行列 U_m はシンボルユニット配置可否行列と同じ大きさであり、信号ユニットの配置パターンを記述する行列である。信号ユニットの配置のルールを以下のように定める。

【0058】・ステップ1：シンボルユニット配置可否

行列において要素が0の位置には背景ユニット（シンボル2）をセットする（図11（1））。

・ステップ2：ユニットパターン行列の要素が符号語のシンボルの場合には、ユニット行列U_mの対応する領域にそのシンボルに対応するシンボルユニットをセットする（図11（2））。

・ステップ3：ユニットパターン行列が符号語のシンボル以外（ユニットパターン配置可否行列の値が0）の場合には、0を表すシンボルユニットと1を表すシンボルユニットを同じ数だけセットする（図11（3））。

・ステップ4：信号ユニットがセットされていない領域に背景ユニットをセットする（図11（4））。

【0059】要約すれば、文字領域には背景シンボルをセットし、任意のユニットパターンのうち背景領域がT_u（=6）以上あれば符号語のシンボルを割り当て、それ以外の場合は背景領域に2種類のシンボルユニットを同じ数だけ割り当てる。背景領域が奇数の場合は残りの一つには背景シンボルをセットすることになる。これにより、符号語のシンボルが割り当てられているユニットパターンには同じユニットパターンが6つ以上セットされているため、検出時には埋め込んだシンボルユニットに対するフィルタの出力値の合計値が、もう片方のフィルタの出力の合計値よりも大幅に大きくなり、符号語のシンボルが割り当てられていないユニットパターンは2つのフィルタの出力値の合計の差が小さくなる。したがって、符号語を割り当てたユニットパターンであるか割り当てていないユニットパターンであるかの判定が容易になる効果がある。

【0060】（埋め込み条件の記録）電子透かし検出装置1002における入力画像における信号ユニットの大きさは、電子透かし埋め込み装置1001で設定した信号ユニットの大きさ、および出力デバイスの解像度と入力デバイスの解像度の比から計算することができる。

【0061】例えば、

・電子透かし埋め込み装置1001で文書中に埋め込んだ信号ユニットの大きさが幅×高さ=S_w×S_h（画素）である。

・電子透かし検出装置1002の入力画像における信号ユニットの大きさはS_{iw}×S_{ih}である。

・出力デバイス1008の解像度がD_{out}（dpi）、入力デバイス1010の解像度がD_{in}（dpi）である。

とすると、

$$S_{iw} = S_w \times D_{in} / D_{out}$$

$$S_{ih} = S_h \times D_{in} / D_{out}$$

となる。

【0062】しかしながらプリンタやスキャナの機械的な精度誤差（D_{in}やD_{out}が設定通りの値になっていない）により、S_{iw}やS_{ih}が必ずしも上記の式のようにはならない。これにより電子透かし検出装置10

02の入力画像における信号検出位置にずれが生じ、埋め込んだ機密情報1004の検出精度が低下する。

【0063】例えばS_w=S_h=12、D_{out}=600でD_{in}=400であるとする、S_{iw}=S_{ih}=12×400/600=8となるが、D_{out}やD_{in}に誤差が含まれていてS_{iw}やS_{ih}が8とならない場合が考えられる。S_{iw}の誤差が0.1%（0.008画素の誤差、実際はもう少し大きい）であったとしても、A4サイズの紙をスキャナ解像度400dpiで取り込んだ場合は、入力画像の大きさはおよそ幅×高さ=3000×4000（画素）程度となり、画像の左端を基準とした場合には画像の右端における位置ずれは3000×0.008=24（画素）となり、3つ分の信号ユニットのずれとなり検出精度に重大な影響を与える。

【0064】この解決策として、透かし画像に埋め込む信号ユニットの数を、任意の十分大きな整数N_sの倍数としておくことで、入力画像の信号埋め込み領域の大きさから信号ユニットの大きさを逆算するときの誤差の吸収に利用する方法がある。以下では、これとは別の方法について説明する。

【0065】本実施の形態では、図12に示したように、ユニット行列U_mの4隅を透かし画像の埋め込んだ信号ユニット数（ユニット行列U_mのサイズ）やプリンタの解像度などの埋め込み条件の記録領域（以下、属性記録領域と称する。）とする方法について説明する。すなわち、図12（1）に示したように、ユニット行列U_m（x，y）の大きさをx=1～M_w，y=1～M_hとしたときにU_m（1，1）、U_m（M_w，1）、U_m（1，M_h）、U_m（M_w，M_h）付近を属性記録領域として使用する。

【0066】図12（2）はユニット行列のサイズをユニット行列の属性情報記録部にセットする例の説明図である。ここではM_w、M_hをそれぞれ16ビットで表現し、属性記録領域1に記録する方法を示している。例えばM_w=400を16ビットの2進数で表現すると、「0000000110010000」となる。これをユニット行列の表現規則（ステップS1105）にしたがって「11111111221121111」という値に変換する。これをユニット行列U_m（2，1）～U_m（17，1）に記録する。同様にM_h=600を二進数で表現し、ユニット行列の表現規則に変換し、これをユニット行列U_m（1，2）～U_m（1，17）に記録する。

【0067】図12（2）のU_m（2，2）～U_m（17，17）の領域はプリンタの解像度など他の属性を記録しても良いし、電子透かし検出装置1002においてユニット行列のサイズを確実に検出できるよう、M_wとM_hを繰り返し記録しても良い。また、ここではU_m（1，1）～U_m（17，17）を属性記録領域1として使用したが、U_m（1，1）～U_m（X，Y）をどの

範囲まで広げるかは、属性として記録する情報量や D_{out} や D_{in} に含まれている誤差などの見積もりによって変化する。さらに、属性記録領域の大きさは既知であるか、または属性記録領域の範囲を属性記録領域自体に記録し、この領域には機密情報1004を埋め込まず、また検出時もこの領域は無視するようにする。図12

(2)では属性記録領域1について説明したが、属性記録領域2～属性記録領域4についても同様である。

【0068】ユニット画像の4隅に属性情報領域を設定することによる効果は、後述の電子透かし検出装置1002の説明部分で説明する。

【0069】(ステップS1107)図13はステップS1107の例を示している。ステップS1107ではステップS1106で作成したユニット行列 U_m (図13(1))に従って信号ユニットを背景画像に配置する(図13(2))。信号ユニットを並べることにより作成した背景画像に文書画像を重ね合わせ、透かし入り文書画像を作成する(図13(3))。

【0070】以上、電子透かし埋め込み装置装置1001について説明した。次いで、図1、図14～図19を参照しながら、電子透かし検出装置1002について説明する。

【0071】(電子透かし検出装置1002)電子透かし検出装置1002は、紙媒体に印刷されている文書1009を画像として取り込み、埋め込まれている機密情報1004を復元する装置である。電子透かし検出装置1002は、図1に示したように、入力デバイス1010と、透かし検出部1011により構成されている。

【0072】入力デバイス1010は、スキャナなどの入力装置であり、紙に印刷された文書1009を多値階調のグレイ画像として計算機に取り込む。また、透かし検出部1011は、入力画像に対してフィルタ処理を行い、埋め込まれた信号を検出する。検出された信号からシンボルを復元し、埋め込まれた機密情報1004を取り出す。

【0073】以上のように構成される電子透かし検出装置1002の動作について、図14～図19を参照しながら説明する。

【0074】(透かし検出部1011、ステップS1201)図14は透かし検出部1011の処理の流れを示している。ステップS1201では入力デバイス1010から透かし入り印刷文書の画像を入力する。

【0075】(ステップS1202)ステップS1202では入力された画像から信号ユニットが埋め込まれている領域(以下、信号領域と称する。)の輪郭線を検出し、画像の回転などの補正を行う。

【0076】図15は信号領域の検出方法の説明図である。図15(1)はステップS1201で入力された画像である。ここでは信号領域の上端を検出する例を示している。入力された画像を $Img(x, y)$, $x=0 \sim$

W_i-1 , $y=0 \sim H_i-1$ とする。また、電子透かし埋め込み装置1001で文書中に埋め込んだ信号ユニットの大きさが幅×高さ= $Sw \times Sh$ (画素)、出力デバイス1008の解像度を $D_{out}(dpi)$ 、入力デバイス1010の解像度を $D_{in}(dpi)$ として、

$$tSw = Sw \times D_{in} / D_{out}$$

$$tSh = Sh \times D_{in} / D_{out}$$

とする。すなわち、 tSw と tSh は Img における理論上の信号ユニットの大きさであり、信号検出フィルタはこの値を基に設計される。

【0077】この画像 Img から信号領域の上端検出のためのサンプル領域 $S(x)$, $x=1 \sim S_n$ を設定する。 S_n は W_i / N_p (N_p は10～20程度の整数)であるものとする。また、 $S(x)$ の幅は $Ws = tSw \times N_t$ (N_t は2～5程度の整数)、高さは $Hs = H_i / N_h$ (N_h は8程度)とし、 $S(x)$ の Img における水平方向の位置は $x \times N_p$ とする。

【0078】任意の $S(n)$ における信号領域の上端 $SYO(n)$ の検出方法を以下に示す。

・ステップ1: Img から $S(n)$ に対応する領域を切り取る(図15①)。

・ステップ2: $S(n)$ に対してフィルタAとフィルタBを施し、 $S(n)$ 内の水平方向における最大値を $Fs(y)$ に記録する(図15②)。

・ステップ3: ある閾値 Ty を設定し、 $Fs(1) \sim Fs(Ty-1)$ の平均値を $V0(Ty)$ 、 $Fs(Ty) \sim Fs(Hs)$ の平均値を $V1(Ty)$ とする。 $V1(Ty) - V0(Ty)$ が最大となる Ty を $S(n)$ における信号領域の上端の位置として $SYO(n)$ にセットする(図15③)。

【0079】図15(4)は $Fs(y)$ の y に対する値の変化を示した図である。図のように Img の信号ユニットのない領域は信号検出フィルタの出力値の平均値は小さく、一方文書画像出力部1001によって背景部分にはシンボルユニット(ユニットAまたはユニットB)を密に配置しているため信号検出フィルタの出力値が大きくなる(文書の余白部分は背景部分であり、ここにも密に埋め込んである)。したがって、信号領域とそれ以外の領域の境界付近を境に信号検出フィルタの出力値が大きく変動し、これを領域検出に利用している。

【0080】ステップ1～ステップ3を $S(x)$, $x=1 \sim S_n$ について行い $SYO(x)$, $x=1 \sim S_n$ を得る。信号領域の上端はこれによって得られたサンプル点 $S0(x \times N_p, SYO(x))$, $x=1 \sim S_n$ を最小二乗法などを用いて直線近似して得る。他の輪郭線も上記と同様の方法を用いて検出し、例えば信号領域の上端が水平になるように信号領域を回転移動した画像を以下では入力画像と呼ぶ。

【0081】図16は属性領域に埋め込まれたユニット行列の大きさを復元する方法の例を示している。ここで

は、入力画像の信号領域は $(I_{x0}, I_{y0}) \sim (I_{x1}, I_{y1})$ とし、属性記録領域1の情報を復元する例を示す。

・ステップ1：入力画像の (I_{x0}, I_{y0}) 付近の領域を切り取る (図16①)。

・ステップ2：切り取られた領域に対して属性領域1を設定する (図16②)。属性領域1は文書画像出力部1001で設定したものと同一のものであるとし、例えば Mw を16ビットで表したときの最上位ビットは $(I_{x0} + tSw, I_{y0})$ に、最下位ビットは $(I_{x0} + tSw \times 17, I_{y0})$ に埋め込まれているものとして検出する。

・ステップ3：ステップ2で設定した Mw の埋め込み領域に対し、フィルタAとフィルタBを施し、各ビット位置でフィルタAとフィルタBの出力値の大きいほうに対応するシンボルユニットが、そのビット位置に埋め込まれているものと判定する (図16③)。

・ステップ4：文書画像出力部1001でセットしたときと逆の順序で Mw の値を復元する (図16④、⑤)。

【0082】入力画像における信号ユニットの大きさの理論値 tSw 、 tSh は誤差が含まれているものの、属性記録領域における信号検出位置は、図15で検出した境界線をそれぞれ基準としているため、例えば $Sw = Sh = 12$ 、 $Dout = 600$ 、 $Din = 400$ の場合では、 $tSw = tSh = 12 \times 400 / 600 = 8$ であるため、属性記録領域は $8 \times 17 = 136$ 画素程度の大きさしかなく、仮に誤差が1% (実際はこれより少ない) 程度であっても属性領域の基準点から最も離れた位置でも1画素程度の誤差となり、ほぼ正確に信号検出位置を設定することが可能となる効果がある。

【0083】入力画像における信号ユニットの真の幅 Siw は、属性記録領域から取り出されたユニット行列の幅 Mw と図15から得られた信号領域の幅 $I_{x1} - I_{x0}$ を基に、

$$Siw = Mw / (I_{x1} - I_{x0})$$

によって算出できる。同様に信号ユニットの真の幅 $Si h$ は、

$$Si h = Mh / (I_{y1} - I_{y0})$$

によって算出できる。

【0084】(ステップS1203、S1204) 図17はステップS1203とステップS1204の説明図である。ステップS1203はユニットパターンごとにフィルタ出力値の合計を計算する。図17において、ユニットパターン $U(x, y)$ を構成する信号ユニット毎にフィルタAとのコンボリューション (たたみこみ積分) を計算し、それぞれの信号ユニットに対するコンボリューションの出力値の総和をユニットパターンに対するフィルタAの出力値 $Fu(A, x, y)$ と定義する。ただし、信号ユニット毎のコンボリューションは、フィルタAの位置を信号ユニット毎に水平・垂直方向にずら

しながら計算した結果の最大値とする。

【0085】フィルタBについても同様にしてユニットパターン $U(x, y)$ に対する出力値 $Fu(B, x, y)$ を計算する。

【0086】ステップS1204では $Fu(A, x, y)$ と $Fu(B, x, y)$ を比較し、これらの差の絶対値 $|Fu(A, x, y) - Fu(B, x, y)|$ があらかじめ定められた閾値 Tp より小さければ符号語のシンボルが割り当てられていないものとする。それ以外の場合は $Fu(A, x, y)$ と $Fu(B, x, y)$ の大きいほうのシンボルが割り当てられているものと判定する。すなわち、 $Fu(A, x, y) > Fu(B, x, y)$ であれば $U(x, y)$ にはシンボル0が埋め込まれ、 $Fu(A, x, y) < Fu(B, x, y)$ であれば $U(x, y)$ にはシンボル1が埋め込まれているものとする。

【0087】図18はステップS1203とステップS1204を実現する別の方法の説明図である。図18において、図17と同様にユニットパターン $U(x, y)$ を構成する信号ユニット毎にフィルタAとのコンボリューションを計算する。このときシンボルユニット検出のための閾値 Ts を定め、各信号ユニットに対するフィルタAのコンボリューションが Ts 以上であれば、この信号はシンボルAであると判定する。ユニットパターン $U(x, y)$ 内においてシンボルAであると判定された数をユニットパターン $U(x, y)$ に対するフィルタAの出力値 $Fu(A, x, y)$ と定義する。ただし、信号ユニット毎のコンボリューションは、フィルタAの位置を信号ユニット毎に水平・垂直方向にずらしながら計算した結果の最大値とする。

【0088】フィルタBについても同様にしてユニットパターン $U(x, y)$ に対する出力値 $Fu(B, x, y)$ を計算する。

【0089】 $Fu(A, x, y)$ と $Fu(B, x, y)$ がユニットパターン内で検出された信号数であることを除き、ステップS1204の処理は図17と同じとなる。

【0090】入力画像から得られるすべてのユニットパターンに対して図17または図18、もしくは図17と図18の処理を同時に行い、ユニットパターン行列 U を作成する。

【0091】(ステップS1205) ステップS1205では判定されたシンボルを基に埋め込まれた情報を復号する。図19はユニットパターン行列から符号語を取り出す方法の例を示している。図19ではシンボルが割り当てられていない要素にはシンボル2がセットされているものとし、シンボル2がセットされている要素を無視してシンボルを取り出して符号語を復元する。

【0092】以上説明したように、本実施の形態によれば、以下の効果が得られる。

(a) 透かしを挿入する文書画像の文字の配置状態を参

照し、文字に重ならない領域にのみ意味のある情報（符号語のシンボル）を埋め込むため、元の文書がどのようなものであっても確実に機密情報を埋め込むことができる。

(b) 符号語のシンボルを埋め込まない領域には、相反する信号ユニットを同じ数だけ配置することにより、検出時にシンボルが埋め込まれていないことを確実に判定できる。

(c) 埋め込み情報の検出時に、ある領域に対する2つのフィルタの出力値のそれぞれの総和などによりシンボルの判定を行うため、情報検出の精度が高く保たれる。

(d) 埋め込んだ信号数などの属性情報をセットする属性記録領域を信号を埋め込む領域の4隅に設定することで、機密情報を検出する際に入出力デバイスのハードウェア的な誤差に影響されることなく正確に属性情報を取り出すことが可能となり、それ以降の検出精度を向上させることができる。

【0093】（第2の実施の形態）図20は、本発明の第2の実施の形態にかかる電子透かし埋め込み装置及び電子透かし検出装置の構成を示す説明図である。第1の実施の形態と異なる点は、電子透かし検出装置2002に文字消去改ざん検出部2012が追加された点である。ここで、電子透かし埋め込み装置1001の構成および動作は第1の実施の形態と同一であるものとする。

【0094】（文字消去改ざん検出部2012）文字消去改ざん検出部2012は、印刷文書1009に対して文字部分を修正液などで消去するなどの改ざんが行われた場合に、改ざんの有無および改ざん場所を検出する処理を行う部分である。

【0095】図21は文字消去改ざん検出部の動作を示す流れ図である。ここで想定している改ざんは、印刷文書1009の文字部分一部が修正液などで消去されたような場合である。改ざん検出の基本的な原理は以下の通りである。電子透かし埋め込み装置1001により作成された印刷文書1009には、

(1) 文字領域には背景ユニットが埋め込まれており、シンボルユニットは埋め込まれていない。

(2) 背景領域（文字領域以外の領域）にはシンボルユニットが密に埋め込まれている。

という特徴がある。このため、（印刷文書の）文字領域を消去することによってその領域を背景領域に改ざんされても、その部分に新たにシンボルユニットを埋め込むことが困難であるため、信号検出時に「背景領域であるにもかかわらずシンボルユニットが埋め込まれていない領域（不正な領域）」が出現することを利用している。

【0096】以下の説明では、入力デバイス1010で入力された画像に対して回転などの補正を行った画像を、第1の実施の形態と同様に入力画像と呼ぶ。また、電子透かし埋め込み装置1001で文書中に埋め込んだ信号ユニットの大きさが幅×高さ＝ $S_w \times S_h$ （画

素）である。

・埋め込んだ信号ユニット数は、横×高さ＝ $n_w \times n_h$ である。

・埋め込んだシンボルユニットはユニットAとユニットBの二種類である。

・入力画像における信号ユニットの大きさは $S_{iw} \times S_{ih}$ である。

という前提で説明を行う。

【0097】ここで、出力デバイスの解像度と入力デバイスの解像度が等しい場合には、 $S_{iw} = S_w$ 、 $S_{ih} = S_h$ となるが、解像度が異なる場合にはそれらの比によって S_{iw} と S_{ih} が計算される。例えば出力デバイスの解像度が600dpiで入力デバイスの解像度が400dpiであった場合には、 $S_{iw} = S_w \times 2/3$ 、 $S_{ih} = S_h \times 2/3$ となる。

【0098】（ステップS2101）ステップS2101では入力画像を二値化することによって文字領域を検出する。入力デバイスによって入力された画像において、文字領域は輝度値が小さく（黒に近い色）、背景領域は輝度値が大きい（白に近い色）。印刷文書には全面に透かし信号が埋め込まれているが、透かし信号は単位面積当たりのドットの数で文字領域に比べて非常に少ないため、二値化処理によって、透かし信号を含む背景領域と文字領域とを切り分けることができる。二値化の閾値はあらかじめ決めておいても良いし、入力画像の輝度値の分布から判別分析法などの画像処理手法を用いて動的に決めても良い。

【0099】図22は、文字領域抽出画像の説明図である。二値化された画像において、文字領域に対応する画素値を0、背景領域に対応する画素値を1と定める。二値化によって得られる画像をさらに $n_w \times n_h$ の大きさに縮小した画像を文字領域抽出画像と呼ぶ（図22）。縮小する際は縮小前の二値画像の $S_{iw} \times S_{ih}$ 画素ブロックから1画素の値を決定するが、縮小前の二値画像の $S_{iw} \times S_{ih}$ 画素のうち値が0である画素が所定の閾値 T_n 以上であれば、それに対応する文字領域抽出画像の画素値を0とする。閾値 T_n は $S_{iw} \times S_{ih} \times 0.5$ 程度の値とする。

【0100】ステップS2102では入力画像に対してユニット行列 U_m の作成およびシンボルユニットの検出を行い、ユニット抽出画像を生成する。

【0101】（ステップS2102）図23はステップS2102の説明図である。まず、入力画像を $n_w \times n_h$ 個のブロック（1ブロックの大きさは $S_{iw} \times S_{ih}$ ）に分割し（図23（2））、分割されたブロックごとに信号検出フィルタによりシンボルユニットの検出を行う。

【0102】シンボルユニットが検出できたかどうかの判定は図18の説明と同様に、信号検出フィルタAまたはBのどちらかの出力値が閾値 T_s を超えた場合、その

ブロックにはシンボルユニットが埋め込まれていると判定する。ここでは、どちらの信号が埋め込まれているかを区別する必要がないことに注意する。すべてのブロックに対してシンボルユニットの検出が行われた結果を画像で表したものをユニット抽出画像と呼ぶ(図23

(3))。ユニット抽出画像の大きさは分割されたブロック数と同じで $S_w \times S_h$ である。図23のユニット抽出画像において、画像の大きさは白い画素(画素値は1)はシンボルユニットが検出されたものとし、黒い画素(画素値は0)はシンボルユニットが検出できなかったものとする。

【0103】(ステップS2103)ステップS2103ではステップS2101で作成した文字領域抽出画像とステップS2102で作成したユニット抽出画像を比較し、改ざんを検出する。入力画像の文字領域に重なる部分にはもともとシンボルユニットを埋め込んでいない、すなわち背景部分にのみシンボルユニットを埋め込んでいるため、ユニット抽出画像におけるシンボルユニット検出領域(画素値は1)と文字領域抽出画像における背景領域(画素値は1)は一致する。したがって文字領域抽出画像とユニット抽出画像の差分画像を生成し、値が0にならない領域が「印刷文書(紙)に対して辞書消去による改ざんが行われた部分」として検出される。

【0104】図24はステップS2103の説明図である。ここでは改ざんが行われていないため、差分画像はすべての画素の値が0となる。

【0105】図25は改ざんがあった場合の説明図である。入力画像の文字領域が消去されており、文字領域抽出画像のそれに対応する領域からは文字領域が抽出されないため画素値が1となる(図25(3))。しかしながら同じ領域からユニットシンボルは検出されないため、ユニット抽出画像の対応する領域は画素値が0となる(図25(6))。したがって、これらの差分画像を計算したときに画素値が0にならない領域が出現し、これが改ざん場所であることが特定できる(図25(9))。

【0106】なお、信号ユニットの大きさを非常に小さいものにし、1つの文字の隙間にもシンボルユニットを埋め込むことによって、修正液等で文字を消去して上から異なる文字を上書したとしても、文字の隙間に埋め込んだシンボルユニットが消されているため、これが検出不能になる。したがってこれを利用すれば、ユニット抽出画像において、シンボルユニットが全く検出できない領域があれば、改ざんされている可能性があるとする 것도可能である。

【0107】文字領域抽出画像およびユニット抽出画像は、それぞれ領域拡大縮小などの画像処理手法を用いて雑音除去等を行って高周波成分を除去した後、改ざん検出を行っても良い。これにより、雑音成分に影響されずに安定した改ざん検出を行うことが可能となる。

【0108】以上説明したように、本実施の形態によれば、以下の効果が得られる。

(e)印刷された文書に対し、主に任意の文字列を修正液などで消去するような不正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

【0109】(第3の実施の形態)図26は本発明の第3の実施の形態の構成を示す図である。第1の実施の形態と異なる点は、電子透かし埋め込み装置3001に埋め込み信号数記録部3012が追加され、電子透かし検出装置3002に埋め込み信号数検出部3013、フィルタ出力値算出部3014、最適閾値判定部3015、検出信号計数部3016および改ざん判定部3017が追加された点である。ここで、その他の構成要素の動作は第1の実施の形態と同一であるものとする。

【0110】(埋め込み信号数記録部3012)埋め込み信号数記録部3012は、透かし画像に埋め込む信号数を透かし画像自体に記録する部分である。この信号数は原文の文書画像の文字数やレイアウトに依存して変化する。

【0111】(埋め込み信号数検出部3013)埋め込み信号数検出部3013は埋め込み信号数記録部3012で記録した数値を復元し、透かし画像作成時に埋め込んだ信号数を取り出す。

【0112】(フィルタ出力値算出部3014)フィルタ出力値算出部3014では入力画像に対する信号検出フィルタの出力値を計算し、信号埋め込み位置ごとに記録する。

【0113】(最適閾値判定部3015)最適閾値判定部3015ではフィルタ出力値算出部3014で計算した出力値と埋め込み信号数検出部3013で得た埋め込み信号数を利用して、信号検出のための最適な閾値を計算する。

【0114】(検出信号計数部3016)検出信号計数部3016は最適閾値判定部3015で得られた閾値を用いて入力画像に埋め込まれた信号数を数える。

【0115】(改ざん判定部3017)改ざん判定部3017は、埋め込み信号数検出部3013で記録した正解数と検出信号計数部3016で得られた信号数を比較することにより改ざん等が行われたかどうかの判定、および改ざん場所の特定を行う。

【0116】(埋め込み信号数記録部3012)図27は埋め込み信号数記録部3012の動作を示す流れ図である。

【0117】(ステップS3101)図28はステップS3101の説明図である。ステップS3101では、まずユニット行列 U_m (図28(2))の左端の I_w 個分の要素を埋め込みシンボルユニット数の記録用のユニット(記録用ユニット帯と呼ぶ)として使用する(図28(3))。次に、ユニット行列 U_m の記録用ユニット

帯を除いた部分を(横×縦=) $Bw \times Bh$ 個のブロックに分割する(これをユニット数記録単位行列 $Nu(x, y)$ $x=1 \sim Bw, y=1 \sim Bh$ と呼ぶ)。各ブロックの大きさはユニット行列 Um の要素数を大きさの単位として(幅×高さ=) $bw \times bh$ とする(図28、(4))。

【0118】ユニット行列 Um の左端に記録用ユニット帯を配置する場合、ユニット数記録単位行列に関して設定可能なパラメータは、横方向のブロック数、ブロックの高さ方向の大きさである。残りの縦方向のブロック数とブロックの幅方向の大きさは、設定したパラメータおよび記録用ユニット帯の幅、ユニット行列 Um のパラメータから自動的に決定される。

【0119】以下の説明では、ユニット行列 Um の大きさ(要素数)を $Mw \times Mh$ としたとき、横方向のブロック数を $Bw=4$ 、ブロックの高さ方向の大きさを $bh=16$ 、記録用ユニット帯の幅を $Iw=4$ とする。したがって、縦方向のブロック数は $Bh=Mh/bh=Mh/16$ 、ブロックの幅方向の大きさは $bw=(Mh-Iw)/Bw=(Mh-4)/4$ となる。

【0120】(ステップS3102、ステップS3103) 図29はステップS3102およびステップS3103の説明図である。ステップS3102ではユニット行列 Um においてユニット数記録単位行列の各要素に対応する領域に含まれるシンボルユニットの数を計測する。図29の例ではユニット数記録単位行列 $Nu(X, Y)$ におけるシンボルユニット数の計測方法を示しており、以下のステップにより実行される。

・ステップ1: $Nu(X, Y)$ に対応するユニット行列 Um 上での領域を取り出す(図29①、②)。

・ステップ2: ステップ1で取り出された領域内に埋め込まれているシンボルユニットの数を計測する(図29③、④)。

ここで、シンボルユニットの埋め込み規則は第1の実施の形態で説明したものと同様に、入力文書画像の文字領域にはシンボルユニットは埋め込まれていないものとする。図29の例では、この領域に埋め込まれたシンボルユニット数は71であったものとする。

【0121】ステップS3103はステップS3102で計測されたシンボルユニット数を記録用ユニット帯に記録する。以下にそのステップを示す。

・ステップ3: $N(X, Y)=71$ を二進数で表現する(図29⑥)。

・ステップ4: ステップ3の結果を記録用ユニット帯の対応する領域にセットする。(図29⑦、⑧)

【0122】ここで示した例は、ユニット数記録単位行列の1行に対応するユニット行列 Um の行数 bh を16、記録用ユニット帯の幅 Iw を4としているため、ユニット数記録単位行列の各行に対して記録用のユニット数は $Iw \times bh=4 \times 16=64$ となる。またユニット

数記録単位行列の列数 Bw は4であるため、ユニット数記録単位行列の1つの要素に割り当てられる記録用のユニット数(単位記録ユニット数と呼ぶ)は $Iw \times bh$ 倍 $w=64/4=8$ となる。したがって、ユニット記録単位行列の各行に対応する記録用ユニット帯の1~2行目にはユニット記録単位行列の1列目の情報を、3~4行目には2列目、5~6行目には3列目、7~8行目には4列目の情報をそれぞれ単位記録ユニット数(8ビット)で記録することになる。

【0123】この例ではユニット数を記録しているが、ユニット記録単位行列の「各要素に対応するユニット行列 Um の領域中に埋め込むことができる信号ユニット数の最大値」に対する「シンボルユニット数」の割合を記録しても良い。割合を記録する方式は、「ユニット記録単位行列の各要素に対応するユニット行列 Um の範囲が大きく、その中に含まれるユニット数も多くなり、この数を表現するために必要なビット数が単位記録ユニット数を超えるような場合」や「ユニット記録単位行列の列数を増やしたため、ユニット記録単位行列の一つの要素の情報を表現するために割り当てられる単位記録ユニット数が少なくなった場合」に有効となる。また、改ざん場所の特定はユニット記録単位行列の要素単位に行うため、同じ入力文書画像に対してユニット記録単位行列の行数や列数を増やすことにより、印刷文書に対する改ざん場所の特定を詳細に行うことが可能になる利点があるが、それだけ記録用ユニット帯を大きく取るか、または単位記録ユニット数を小さくする必要がある。

【0124】なお、記録用ユニット帯は文書画像の文字領域に重ならないよう、文書画像の余白部分に設定する。また、記録用ユニット帯はユニット行列 Um の右端、または上端、下端に設定しても、以降の処理を「記録用ユニット帯が文書画像の上下にある」という前提で行えば同じ効果が得られる。

【0125】さらに、ユニット行列 Um の左右に記録用ユニット帯を設定し、それぞれ同じ情報をセットしても良い。この場合、用紙が汚れたりして片方の記録用ユニット帯の情報が読み取れなくなった場合でも、もう一方の記録用ユニット帯から情報を読み取ることで、安定して改ざん検出等の処理を行うことができる効果がある。これは上下方向についても同様である。

【0126】なお、記録用ユニット帯を文書画像のどこに設定したかは、第1の実施の形態で説明した属性記録領域に記述することにより、既知である必要はなくなる。

【0127】(埋め込み信号数検出部3013) 以下の説明では第2の実施の形態の説明と同様に、

・電子透かし埋め込み装置3001で文書中に埋め込んだ信号ユニットの大きさが $Sw \times Sh$ (画素) である。

・埋め込んだ信号ユニット数は、横×高さ= $nw \times nh$ である。

・埋め込んだシンボルユニットはユニットAとユニットBの二種類である。

・入力画像における信号ユニットの大きさは $S_{iw} \times S_{ih}$ である。

という前提で説明を行う。

【0128】図30は埋め込み信号数検出部3013の説明図である。埋め込み信号数の検出は以下のステップで行う。

・ステップ1：入力画像を $S_w \times S_h$ 個のブロックに分割して、ユニット行列 U_m を設定する(図30①)。

・ステップ2：ユニット行列 U_m の記録用ユニット帯に相当する部分を取り出す(図30②)。

・ステップ3：記録用ユニット帯に信号検出フィルタを施すことによって埋め込んだビット列を復元する(図30③、④)。図29③において、記録用ユニット帯に相当するユニット行列 U_m の各要素に対応する入力画像上の領域に対し、2つのフィルタ(フィルタAとフィルタB)の出力値を計算し、出力値が大きいほうのフィルタに対応するシンボルユニットが埋め込まれているものとする。この例ではフィルタAの出力値が大きいためユニットA(シンボル0)が埋め込まれていると判定されている。

・ステップ4：復元されたビット列を基にユニット数記録単位行列を復元する(図30⑤)。

【0129】(フィルタ出力値算出部3014)図31はフィルタ出力値算出部3014の説明図である。ここでは埋め込み信号数検出部で設定したユニット行列 U_m の各要素に対して、以下のステップにより信号検出フィルタの出力値を記録する。

・ステップ1：ユニット行列 U_m の任意の要素に対応する入力画像の領域に対して信号検出フィルタ(フィルタAとフィルタB)の出力値を計算する(図30①)。信号検出フィルタはそれぞれ対象とする領域に対して上下左右にずらしながら出力値を計算し、フィルタAによる出力値の最大値とフィルタBによる出力値の最大値の大きいほうを求める。

・ステップ2：ユニット行列 U_m のすべての要素についてステップ1を行い、出力値をフィルタ出力値行列 $F_m(x, y)$ 、 $x=1 \sim S_w$ 、 $y=1 \sim S_h$ の対応する要素に記録する。

【0130】(最適閾値判定部3015)図32は最適閾値判定部3015の説明図である。ここでの閾値は、ユニット行列 U_m の各領域に対応する入力画像の領域にユニットシンボルが埋め込まれているかどうかを判定するための閾値(T_s と呼ぶ)であり、フィルタ出力値行列の任意の要素の値が閾値 T_s を超えたならば、入力画像のそれに対応する位置にはシンボルユニットが埋め込まれているものと判定する。最適閾値判定は以下のステップで行われる。

・ステップ1：フィルタ出力値行列の要素(信号検出フ

ィルタの出力値)の平均 F_a 、標準偏差 F_s などから閾値 t_s の初期値を設定する(図32①)。ここでは例えば初期値を $t_s = F_a - F_s * 3$ とする。

・ステップ2：フィルタ出力値行列を t_s によって二値化し、ユニット抽出画像を作成する(図32②)。

・ステップ3：ユニット抽出画像に対してユニット数記録単位行列を当てはめる(図32③)。

・ステップ4：ユニット抽出画像のユニット数記録単位行列の各要素に対応する領域中のシンボルユニット数を数え、ユニット数記録単位行列に記録する(図32④)。

・ステップ5：埋め込み信号数検出部3013で復号された記録用ユニット帯に記録されていたシンボルユニット数とステップ4から得られたシンボルユニット数の差分の絶対値をユニット数記録単位行列の要素毎に計算し、すべての要素についての合計値を $S_f(t_s)$ とする(図32⑤)。

・ステップ6： $S_f(t_s)$ が最小となる t_s を T_s として記録する(図32⑥)。

・ステップ7： t_s に Δt を加え、 t_s を更新する(図32⑦)。 Δt はあらかじめ定めた値か、ステップ1で求めた標準偏差 F_s (例えば $\Delta t = F_s \times 0.1$ とするなど)から算出しても良い。

・ステップ8： T_s が予定した値に達したならば終了する。そうでなければ、ステップ1に戻る(図32⑧)。

【0131】(検出信号計数部3016)図33は検出信号計数部3016の説明図である。この部分の処理は最適閾値判定部3015から得られた最適閾値 T_s によってフィルタ出力値行列を二値化したユニット抽出画像を用いて、最適閾値判定部3015とほぼ同一の処理を行う。

・ステップ1：フィルタ出力値行列を T_s によって二値化し、ユニット抽出画像を作成する(図33①)。

・ステップ2：ユニット抽出画像に対してユニット数記録単位行列を当てはめる(図33②)。

・ステップ3：ユニット抽出画像のユニット数記録単位行列の各要素に対応する領域中のシンボルユニット数を数え、ユニット数記録単位行列に記録する(図33③)。

・ステップ4：埋め込み信号数検出部3013で復号された記録用ユニット帯に記録されていたシンボルユニット数とステップ3から得られたシンボルユニット数の差分 $D(X, Y)$ をユニット数記録単位行列の要素毎に計算する(図33④)。ユニット数記録単位行列の任意の要素 $N_u(X, Y)$ における $D(X, Y)$ は、記録用ユニット帯から復元されたユニットシンボル数を $R(X, Y)$ 、ステップ3で計測されたユニットシンボル数を $C(X, Y)$ として $D(X, Y) = R(X, Y) - c(X, Y)$ によって計算されるものとする。

【0132】(改ざん判定部3017)ユニット数記録

単位の任意の要素N (X, Y) における改ざんの判定はD (X, Y) を用いて以下に行う。

(1) 文字が追加された改ざん: $D(X, Y) > TA$

(TAは正の整数) 「記録されていたユニットシンボル数より検出されたユニットシンボル数の方が少ない場合には、本来埋め込まれていたユニットシンボルの上に文字が追加されたために検出不能になったと判断。」

(2) 文字が消去された改ざん: $D(X, Y) < TC$

(TCは負の整数) 「記録されていたユニットシンボル数より検出されたユニットシンボル数の方が多い場合には、本来埋め込まれていなかったユニットシンボルが検出された。これは文字を修正液などで消去した後に、画像に文字領域ではない汚れが生じ、これに信号検出フィルタが反応したものと判断。第2の実施の形態で検出できなかった文字消去による改ざんを検出するため。」

(3) 改ざんなし: (1), (2) 以外

【0133】以上説明したように、本実施の形態によれば、以下の効果が得られる。

(f) 文書画像をいくつかのブロックに分割し、各ブロック内に埋め込んだシンボルユニット数を記録することで、ブロック単位で改ざん検出を行うことができ、改ざん場所の特定が可能となる。

(g) 埋め込んだ信号数を記録することで、信号検出や改ざん検出のための最適な閾値を求めることができる。

(h) 印刷された文書に対し、空白部分に文字列を追加したり、任意の文字列を修正液などで消去するような不正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

【0134】以上、添付図面を参照しながら本発明にかかる電子透かし埋め込み装置、電子透かし検出装置、電子透かし埋め込み方法、及び、電子透かし検出方法の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0135】例えば、第3の実施の形態の処理のあとに第1の実施の形態の処理を行い、最適閾値判定部3015で得られた最適閾値Tsを第1の実施の形態のステップS1203およびステップS1204の処理(図18)の閾値Tsとして用いても良い。これによりTsを固定値とした場合よりも埋め込み情報の抽出の精度が向上する。

【0136】同様に第3の実施の形態の処理のあとに第2の実施の形態の処理を行い、最適閾値判定部3015で得られた最適閾値Tsを第2の実施の形態の閾値Tsとして用いることも可能である。これによりTsを固定値とした場合よりも改ざん検出の精度が向上する。

【0137】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の主要な効果を挙げれば以下の通りである。

(a) 透かしを挿入する文書画像の文字の配置状態を参照し、文字に重ならない領域にのみ意味のある情報(符号語のシンボル)を埋め込むため、元の文書がどのようなものであっても確実に機密情報を埋め込むことができる。

(b) 符号語のシンボルを埋め込まない領域には、相反する信号ユニットを同じ数だけ配置することにより、検出時にシンボルが埋め込まれていないことを確実に判定できる。

(c) 埋め込み情報の検出時に、ある領域に対する2つのフィルタの出力値のそれぞれの総和などによりシンボルの判定を行うため、情報検出の精度が高く保たれる。

(d) 埋め込んだ信号数などの属性情報をセットする属性記録領域を信号を埋め込む領域の4隅に設定することで、機密情報を検出する際に入出力デバイスのハードウェア的な誤差に影響されることなく正確に属性情報を取り出すことが可能となり、それ以降の検出精度を向上させることができる。

【0138】さらに、上記発明の実施の形態で説明した応用例によれば、さらに、以下の効果を得ることができる。

(e) 印刷された文書に対し、主に任意の文字列を修正液などで消去するような不正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

(f) 文書画像をいくつかのブロックに分割し、各ブロック内に埋め込んだシンボルユニット数を記録することで、ブロック単位で改ざん検出を行うことができ、改ざん場所の特定が可能となる。

(g) 埋め込んだ信号数を記録することで、信号検出や改ざん検出のための最適な閾値を求めることができる。

(h) 印刷された文書に対し、空白部分に文字列を追加したり、任意の文字列を修正液などで消去するような不正があった場合、その文書の原文がなくても改ざんが検出でき、改ざん場所も特定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】電子透かし埋め込み装置及び電子透かし検出装置の構成を示す説明図である。

【図2】信号ユニットの一例を示す説明図であり、(1)はユニットAを、(2)はユニットBを示している。

【図3】図2(1)の画素値の変化を $\arctan(1/3)$ の方向から見た断面図である。

【図4】信号ユニットの一例を示す説明図であり、(3)はユニットCを、(4)はユニットDを、(5)はユニットEを示している。

【図5】背景画像の説明図であり、(1)はユニットEを背景ユニットと定義し、これを隙間なく並べた透かし

画像の背景とした場合を示し、(2)は(1)の背景画像の中にユニットAを埋め込んだ一例を示し、(3)は(1)の背景画像の中にユニットBを埋め込んだ一例を示している。

【図6】ユニットパターンの一列を示す説明図である。

【図7】透かし画像形成部1006の処理の流れを示す流れ図である。

【図8】シンボルユニット配置可否行列の一列を示す説明図である

【図9】ユニットパターン配置可否行列の一列を示す説明図である。

【図10】ユニットパターン行列の一列を示す説明図である。

【図11】ユニット行列の一列を示す説明図である。

【図12】属性記録領域の説明図である。

【図13】ステップS1107の一例を示す説明図である。

【図14】透かし検出部1011の処理の流れを示す説明図である。

【図15】信号領域の検出方法の説明図である。

【図16】属性領域に埋め込まれたユニット行列の大きさを復元する方法の一例を示す説明図である。

【図17】ステップS1203とステップS1204の説明図である。

【図18】ステップS1203とステップS1204を実現する別の方法の説明図である。

【図19】ユニットパターン行列から符号語を取り出す方法の一例を示す説明図である。

【図20】本発明の第2の実施の形態の構成を示す図である。

【図21】文字消去改ざん検出部の動作を示す流れ図である。

【図22】文字領域抽出画像の説明図である。

【図23】ステップS2102の説明図である。

【図24】ステップS2103の説明図である。

【図25】改ざんがあった場合の説明図である。

【図26】本発明の第3の実施の形態の構成を示す説明図である。

【図27】埋め込み信号数記録部3012の動作を示す流れ図である。

【図28】ステップS3101の説明図である。

【図29】ステップS3102およびステップS3103の説明図である。

【図30】埋め込み信号数検出部3013の説明図である。

【図31】フィルタ出力値算出部3014の説明図である。

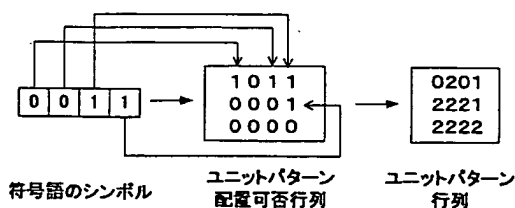
【図32】最適閾値判定部3015の説明図である。

【図33】検出信号計数部3016の説明図である。

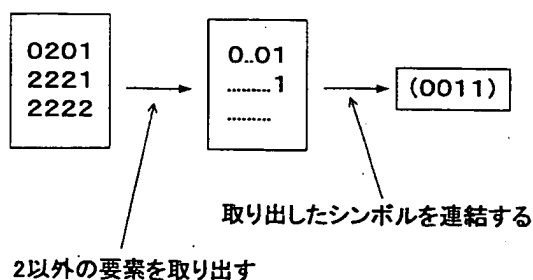
【符号の説明】

1001, 2001, 3001 電子透かし埋め込み装置
1002, 2002, 3002 電子透かし検出装置
1003, 2003, 3003 文書データ
1004, 2004, 3004 機密情報
1005, 2005, 3005 文書画像形成部
1006, 2006, 3006 透かし画像形成部
1007, 2007, 3007 透かし入り文書画像合成部
1008, 2008, 3008 出力デバイス
1009, 2009, 3009 印刷文書(紙)
1010, 2010, 3010 入力デバイス
1011, 2011 透かし検出部
2012 文字消去改ざん検出部
3012 埋め込み信号記録部
3013 埋め込み信号数検出部
3014 フィルタ出力値算出部
3015 最適閾値判定部
3016 検出信号計数部
3017 改ざん判定部

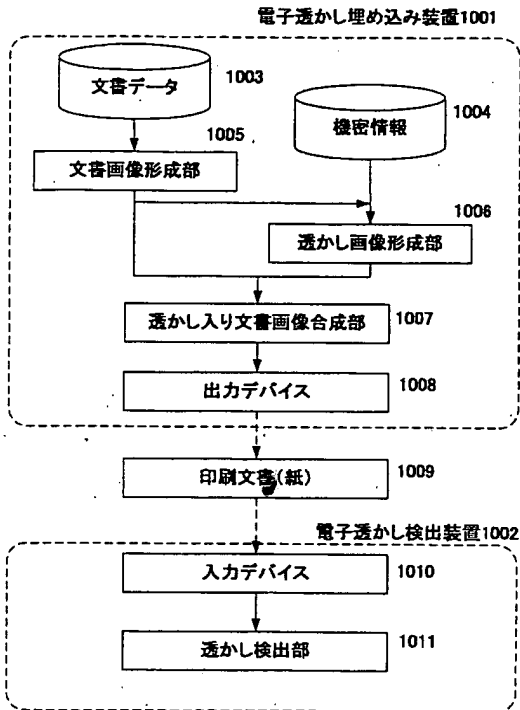
【図10】



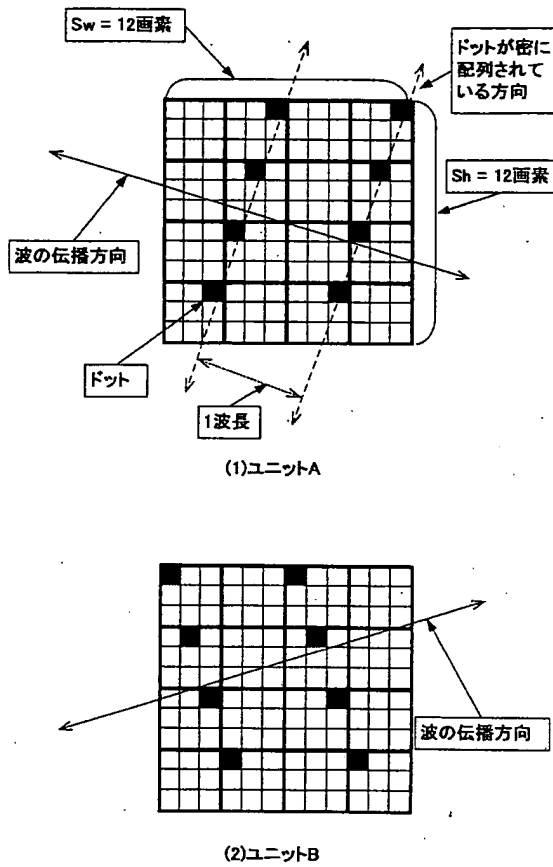
【図19】



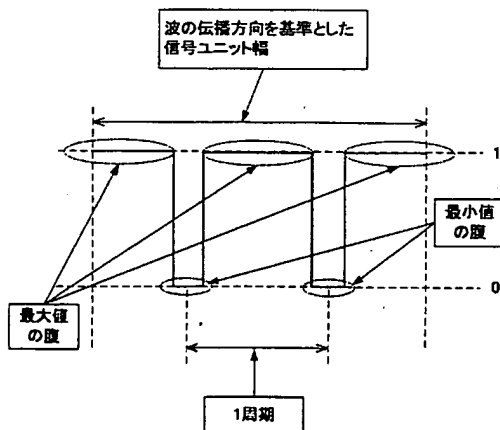
【図1】



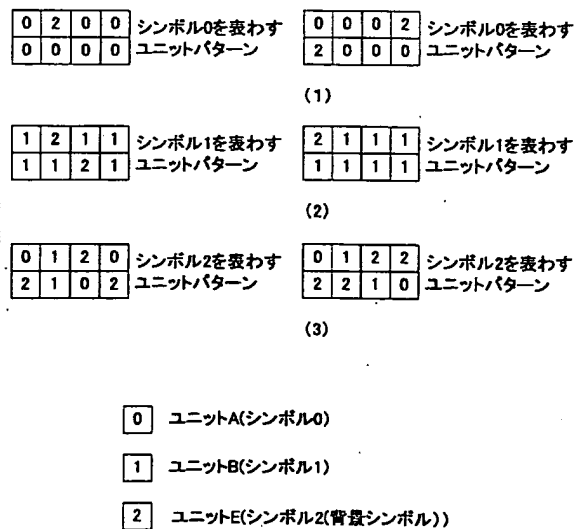
【図2】



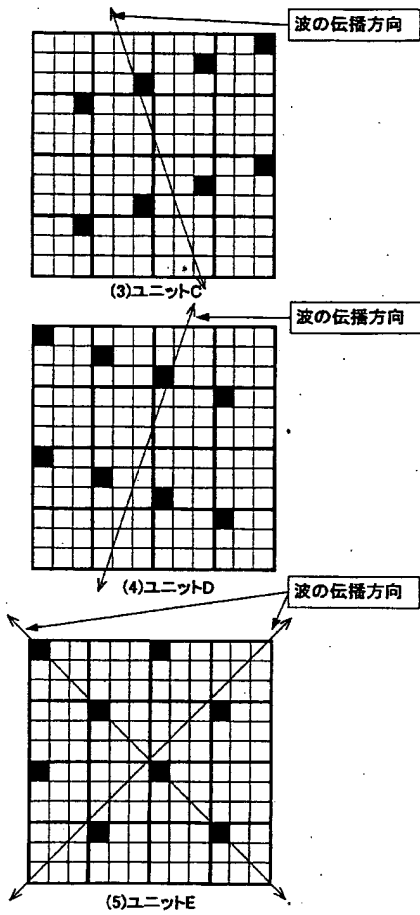
【図3】



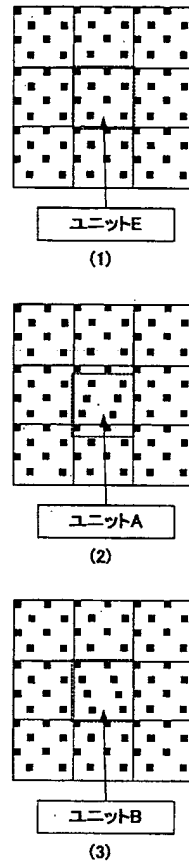
【図6】



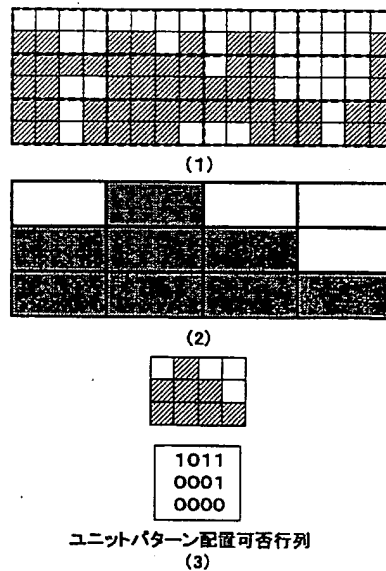
【図4】



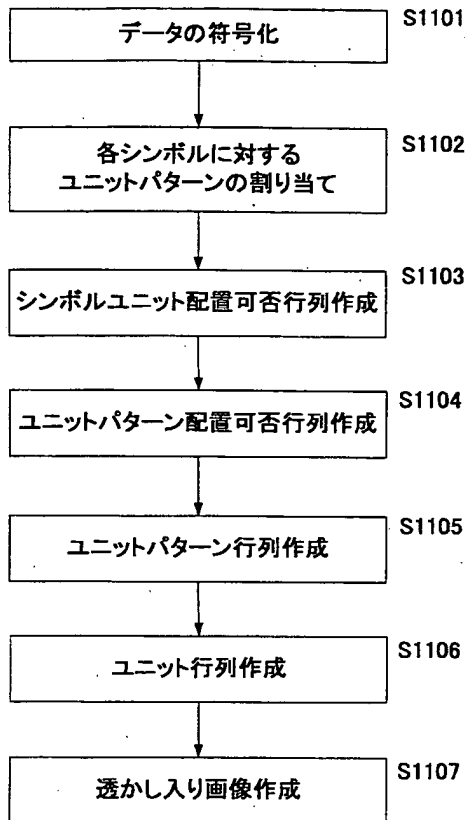
【図5】



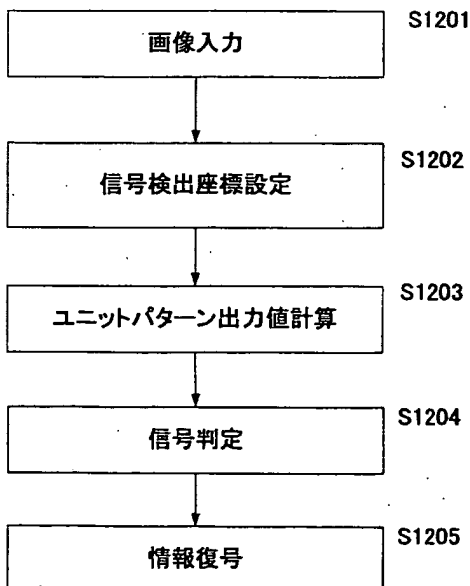
【図9】

ユニットパターン配置可否行列
(3)

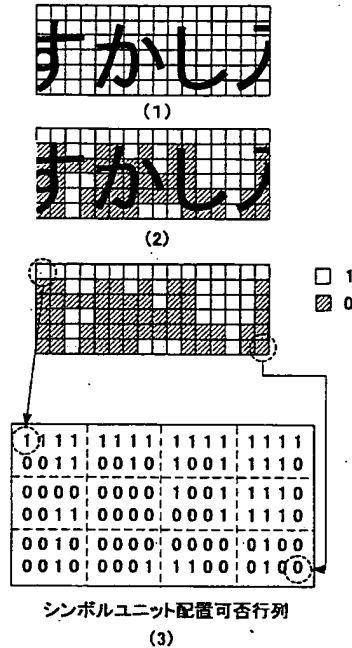
【図7】



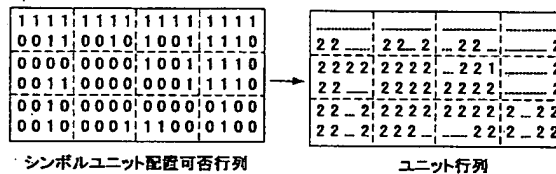
【図14】



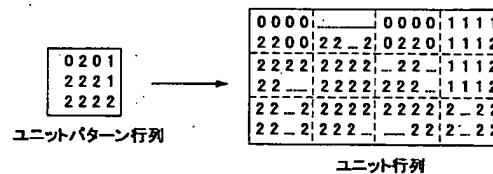
【図8】



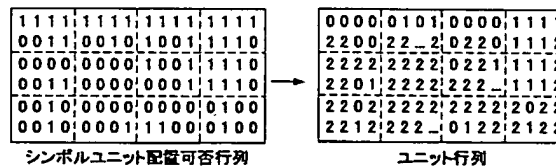
【図11】



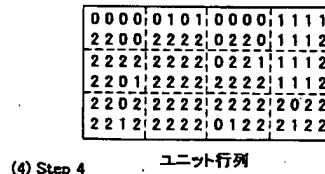
(1) Step 1



(2) Step 2

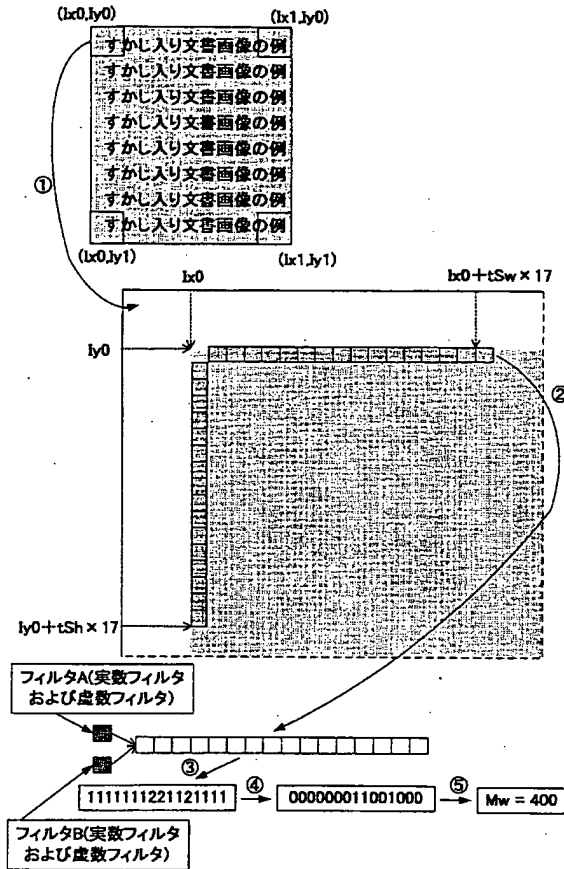


(3) Step 3

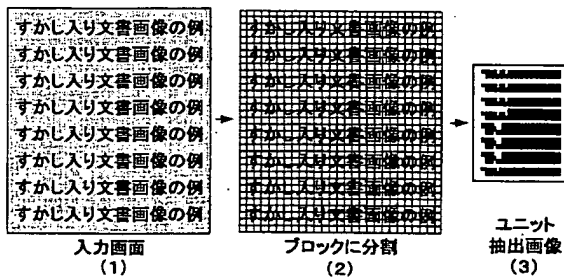


(4) Step 4

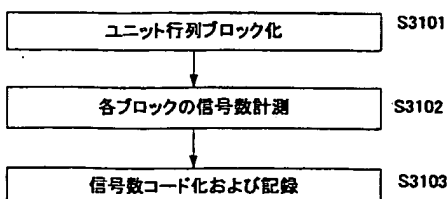
【図16】



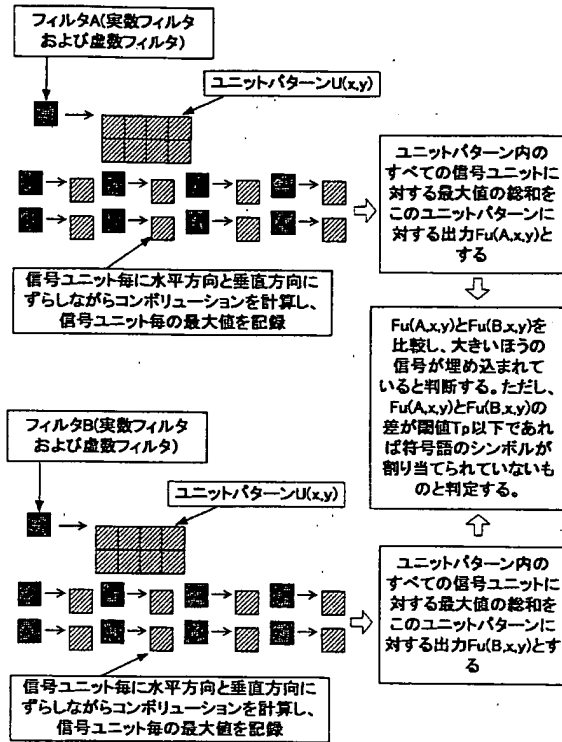
【図23】



【図27】



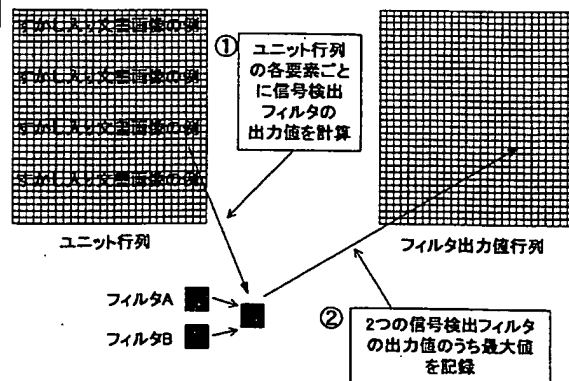
【図17】



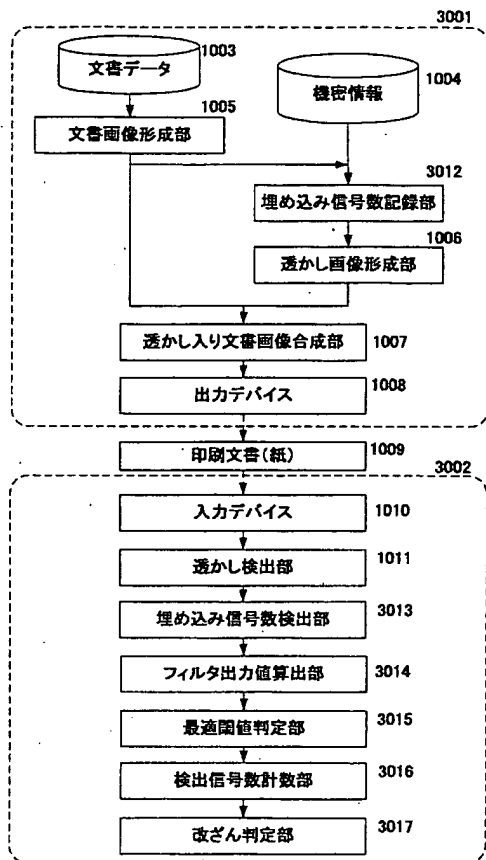
【図24】



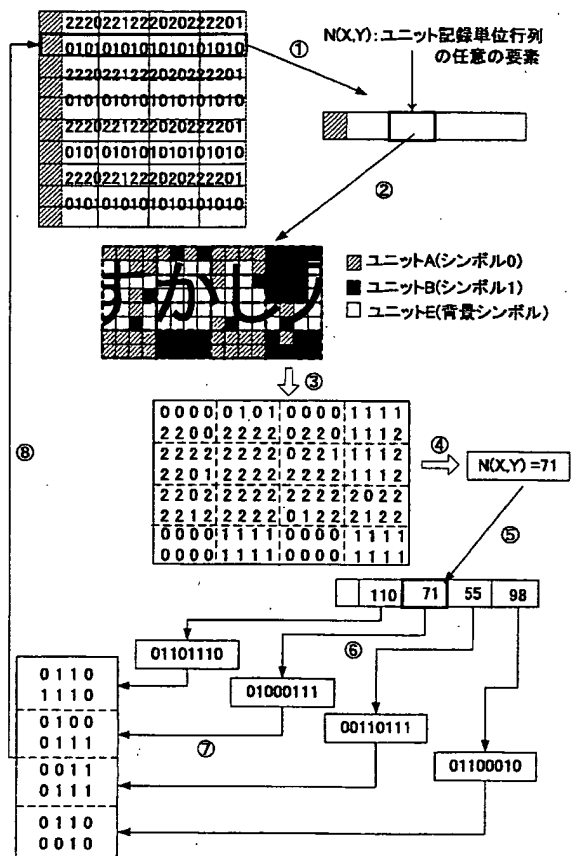
【図31】



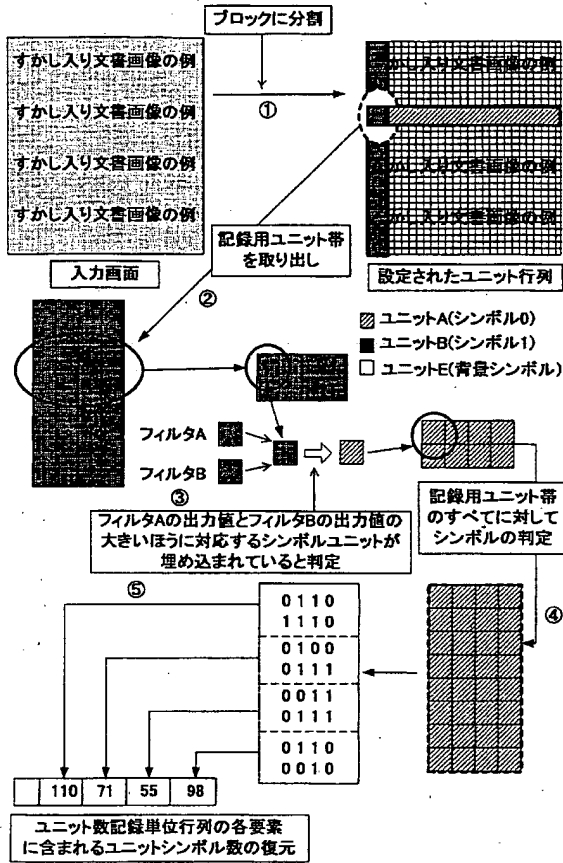
【図26】



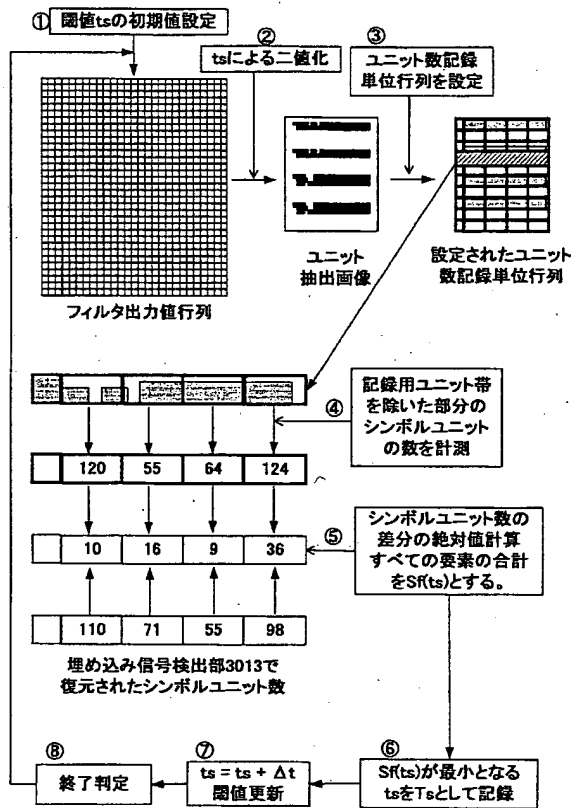
【図29】



【図30】



【図32】



【図33】

